ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 AVRIL 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE DES SEMI-FLUIDES. — *Équations aux dérivées partielles, pour les états ébouleux voisins de la solution Rankine-Levy, dans le cas d'un terre-plein à surface libre ondulée, mais sans pente moyenne.* Note de M. **J. Boussinesq.**

I. Mes Notes du premier semestre de 1917, insérées aux *Comptes rendus*, avaient pour but d'établir, dans la théorie de l'état ébouleux, les résultats les plus utiles pour la pratique. J'y ai traité le cas d'un massif à surface libre plane, déformé pareillement dans tous les plans verticaux parallèles qui le coupent suivant ses *lignes de pente* et contenu en avant par un mur ou une paroi de forme également plane, perpendiculaire à ces plans verticaux ou coupant la surface libre suivant une horizontale. Il suffisait de considérer, à partir de cette intersection où se prenait l'origine de deux axes coordonnés rectangulaires des x et des y contenus dans un des plans verticaux, la coupe du massif par ce plan, ou, plutôt, la couche sablonneuse de largeur constante 1 qu'il bissecte.

Puis, en faisant abstraction des perturbations dues au voisinage du fond solide sur lequel repose le massif homogène et pesant proposé, celui-ci pouvait être supposé indéfini en profondeur soit vers le bas, soit en arrière. Et, lors de l'état ébouleux provoqué par un commencement de renversement du mur, chaque tranche mince fictivement découpée dans le massif, suivant l'intersection du mur et de la surface libre, par deux plans infiniment voisins ainsi émanés de l'origine, offrait des dispositions mécaniques

analogues sur toute la longueur du rayon vecteur r qu'on y menait dans le plan des xy, et que son angle polaire θ, fait avec les x positifs, y définissait. Car, en tous les points (x, y), ou (r, θ), de ce rayon vecteur, la plus petite *pression principale* (proprement dite) était simplement *proportionnelle à la distance* r à l'origine et *orientée de même*, ou affectait la direction définie par un azimut (angle polaire) χ *constant d'un bout à l'autre*, c'est-à-dire *fonction uniquement de* θ. Il y avait donc lieu de préférer aux deux variables indépendantes x et y les coordonnées polaires r et θ.

Mais soit quand surface libre ou paroi, cessant d'être planes, deviennent des cylindres à génératrices toujours normales au plan des xy, soit quand, avec paroi et surface libre restées planes, on introduit une nouvelle surface (encore normale au plan des xy), comme, par exemple, une seconde paroi à quelque distance en arrière de la première, la *similitude* des conditions de l'équilibre aux divers points d'un rayon r disparaît; et les coordonnées polaires perdent leur supériorité. C'est pourquoi je reviendrai ici aux coordonnées rectilignes x et y, dans l'étude plus complète, que je me propose d'y faire, des modes d'équilibre-limite voisins de la solution Rankine-Lévy.

Toutefois, pour conserver aux formules le maximum de simplicité possible, je me bornerai au cas d'un massif s'écartant peu (ou médiocrement) d'un terre-plein horizontal; de sorte que l'axe des x normal à la direction générale de la surface libre soit *vertical* et devienne un *axe de symétrie* dans la solution Rankine-Levy. Autrement dit, le profil de la surface libre pourra bien être une courbe ondulée (irrégulière même), mais il aura sa *pente moyenne* nulle. L'axe des x ainsi vertical sera d'ailleurs dirigé vers le bas à partir de l'intersection horizontale du mur et de la surface libre, tandis que l'axe des y, encore normal à la même intersection, sera horizontal et, partant, plus ou moins voisin de la surface libre.

II. Dans la solution Rankine-Levy correspondante, ou applicable au terre-plein horizontal, la pression principale proprement dite la plus forte, sollicitant en chaque point l'élément plan horizontal, équilibrera le poids Πx de la colonne sablonneuse superposée, et aura ainsi la valeur Πx, tandis que la pression principale la plus faible, *d'état ébouleux par détente*, sollicitant l'élément plan *vertical*, sera, comme on sait, le produit de Πx par le facteur

$$a^2 = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} = \tang^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right), \tag{1}$$

dont a désignera la racine carrée positive et donnée. Les trois composantes

principales de pression *relatives aux axes*, N_x, T, N_y, seront donc respectivement, dans la solution Rankine-Lévy, $-\Pi x$, zéro, $-\Pi a^2 x$. Ajoutons-leur les *petites* parties Πn_x, Πt, Πn_y, fonctions inconnues de x et de y, qu'il faut y joindre pour obtenir les solutions *voisines* cherchées ; et nous aurons d'abord à porter ces valeurs totales

$$(2) \qquad N_x = \Pi(-x + n_x), \qquad T = \Pi t, \qquad N_y = \Pi(-a^2 x + n_y)$$

dans les équations indéfinies ordinaires de l'équilibre,

$$(3) \qquad \frac{dN_x}{dx} + \frac{\partial T}{dy} = -\Pi, \qquad \frac{dT}{dx} + \frac{dN_y}{dy} = 0.$$

Il vient simplement

$$(4) \qquad \frac{dn_x}{dx} + \frac{dt}{dy} = 0, \qquad \frac{dt}{dx} + \frac{dn_y}{dy} = 0.$$

On en déduit aisément que $-n_x$, t, $-n_y$ sont les trois dérivées respectives secondes, en y, y et x, x, d'une fonction auxiliaire ϖ de x et de y, ou que les formules (2) reviennent à écrire

$$(5) \qquad N_x = -\Pi\left(x + \frac{d^2\varpi}{dy^2}\right), \qquad T = \Pi\frac{d^2\varpi}{dx\,dy}, \qquad N_y = -\Pi\left(a^2 x + \frac{d^2\varpi}{dx^2}\right).$$

III. Il reste, pour régir la fonction ϖ elle-même, la troisième équation indéfinie de l'équilibre-limite, celle qui caractérise l'état ébouleux ou exprime, pour chaque point du corps, l'égalité, à l'angle de frottement intérieur donné φ, de l'angle le plus grand φ' qu'une pression y fasse avec la normale à l'élément plan qu'elle sollicite. Or, si l'on prend $\sin\varphi'$ comme mesure de cette *obliquité maxima* des pressions au point (x, y), on sait que son carré est donné par la formule

$$(6) \qquad \sin^2\varphi' = \frac{(N_x - N_y)^2 + 4T^2}{(N_x + N_y)^2} = 1 - \frac{4(N_x N_y - T^2)}{(N_x + N_y)^2}.$$

Substituons donc, dans celle-ci, à φ' l'angle connu φ, ou bien à $\sin\varphi'$ la fraction $\frac{1-a^2}{1+a^2}$, et, de plus, à N_x, T, N_y les expressions (5). Il viendra pour l'équation cherchée en ϖ, aux dérivées partielles du second ordre,

$$(7) \qquad \left(\frac{d^2\varpi}{dx^2} - a^2\frac{d^2\varpi}{dy^2}\right)\left[(1-a^4)x + \left(\frac{d^2\varpi}{dy^2} - a^2\frac{d^2\varpi}{dx^2}\right)\right] = (1+a^2)^2\left(\frac{d^2\varpi}{dx\,dy}\right)^2.$$

Comme nous supposons petites les dérivées secondes de ϖ, le deuxième membre, *non linéaire*, est du second ordre de petitesse; et l'équation, résolue par rapport à la première parenthèse du premier membre, montre que celle-ci est aussi du second ordre; que, par suite, son produit par la partie $\frac{d^2\varpi}{dy^2} - a^2\frac{d^2\varpi}{dx^2}$ de la quantité entre crochets est du *troisième* ordre et sera négligeable *même à une deuxième approximation*. En divisant par la quantité entre crochets, il vient donc :

1° A une première approximation, l'équation simple de d'Alembert,

$$\frac{d^2\varpi}{dx^2} = a^2\frac{d^2\varpi}{dy^2}; \tag{8}$$

2° A une deuxième approximation, l'équation, des moins complexes (ce semble) parmi celles qui ne sont pas linéaires,

$$\frac{d^2\varpi}{dx^2} - a^2\frac{d^2\varpi}{dy^2} = \frac{1+a^2}{1-a^2}\frac{1}{x}\left(\frac{d^2\varpi}{dx\,dy}\right)^2 = \frac{1}{x\sin\varphi}\left(\frac{d^2\varpi}{dx\,dy}\right)^2. \tag{9}$$

IV. Laissons pour le moment de côté le terre-plein à surface libre courbe, ou prenons, comme équation du profil supérieur, $x = 0$; et voyons ce que donne alors la relation (8) de première approximation, applicable dans tout l'angle des coordonnées positives, du moins quand le mur a sa face postérieure suivant la verticale $y = 0$.

L'intégrale classique de d'Alembert sera la somme de deux fonctions arbitraires, $f(y-ax)$, $f_1(y+ax)$, d'une seule variable chacune, fonctions dont la dérivée seconde seule, $f''(y-ax)$ ou $f_1''(y+ax)$, figurant dans les pressions, aura de l'importance. Et l'on aura, d'après (5),

$$\begin{cases} N_x = -\Pi[x + f''(y-ax) + f_1''(y+ax)], \\ T = \Pi a[-f''(y-ax) + f_1''(y+ax)], \\ N_y = -\Pi a^2[x + f''(y-ax) + f_1''(y+ax)]. \end{cases} \tag{10}$$

L'obliquité maxima $\sin\varphi'$ des pressions sera ensuite, d'après (6), donnée par la formule

$$\frac{\sin^2\varphi'}{\sin^2\varphi} = 1 + \frac{1}{\operatorname{tang}^2\varphi}\left[\frac{f''(y-ax) - f_1''(y+ax)}{x + f''(y-ax) + f_1''(y+ax)}\right]^2, \tag{11}$$

laquelle montre que l'écart entre φ' et φ est bien du second ordre de petitesse.

V. Déterminons maintenant les fonctions f'' et f_1'' par les conditions relatives soit à la surface libre $x = 0$, soit à la paroi $y = 0$.

L'annulation pour $x = 0$, dans (10), de N_x et de T, donnera $f''(y) = 0$, $f_1''(y) = 0$ pour toutes les valeurs *positives* de y; et, par suite, $f_1''(y + ax)$ s'annulera dans tout le massif, mais $f''(y - ax)$ ne le fera que pour $y - ax > 0$, c'est-à-dire hors du *coin* de sable, contigu à la paroi ou au mur, avec sa pointe en haut, dont l'angle a pour tangente a. Dans ce coin même, où la variable $y - ax$ est négative, la fonction $f''(y - ax)$ pourra se déterminer par la condition que le sable soit sur le point d'y glisser de haut en bas contre le mur commençant à s'y renverser, ou que le rapport de la composante tangentielle T, dirigée vers le bas, de la poussée du massif sur le mur, à sa composante normale $(-N_y)$, égale la tangente d'un angle φ_1 donné de *frottement extérieur*, angle valant généralement φ. On tirera aisément de là

$$(12)\qquad (\text{pour } y - ax < 0)\qquad f''(y - ax) = \frac{(y - ax)\tan\varphi_1}{1 + a\tan\varphi_1},$$

et la solution de première approximation sera dès lors déterminée. Par exemple, la composante normale $P = -N_y$, par unité d'aire, de la poussée d'équilibre-limite exercée sur le mur, à la profondeur x, sera, en prenant $\varphi_1 = \varphi$ et faisant $y = 0$ dans la troisième formule (10),

$$(13)\qquad P = \Pi a^2 x\left(1 - \frac{a\tan\varphi}{1 + a\tan\varphi}\right) = \Pi x\frac{a^2}{1 + a\tan\varphi}.$$

Continuons à appeler k, comme dans mes articles de 1917, le rapport constant $\frac{P}{\Pi x}$; et il viendra aisément, par l'élimination de a, l'expression, que nous y avions trouvée tout autrement,

$$(14)\qquad k = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + 2\sin\varphi}.$$

VI. Nous n'obtenons ainsi qu'une première approximation, *approchée par défaut*. En effet, nos formules attribuent bien au massif son vrai angle φ tant de frottement extérieur contre le mur rugueux, que de frottement intérieur dans toutes les parties du massif autres que le coin d'inclinaison a contigu au mur, avec sa pointe en haut. Mais, dans ce coin même, où la *plus grande obliquité* accordée par nos équations à ses pressions intérieures

est la valeur variable de $\sin\varphi'$ définie par la formule (11), devenue ici, vu (12),

$$(15)\qquad \frac{\sin^2\varphi'}{\sin^2\varphi} = 1 + a^2\left(\frac{1-\frac{y}{ax}}{1+\frac{y}{x}\operatorname{tang}\varphi}\right)^2,$$

cette formule montre que, le long des rayons vecteurs descendants émanés de l'origine (sommet du coin) et faisant avec le mur des angles de plus en plus petits, l'angle φ' excède de plus en plus φ, jusqu'à une valeur maximum Φ réalisée contre le mur $y = 0$ et pour laquelle, d'après (15),

$$(16)\qquad \frac{\sin\Phi}{\sin\varphi} = \sqrt{1+a^2} = \frac{1}{\cos\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)}.$$

L'équilibre-limite exprimé par nos équations est donc celui d'un massif *idéal*, hétérogène quant à son angle de frottement intérieur dans le coin sablonneux contigu au mur, où il met en jeu des frottements *plus forts* que ceux de notre massif homogène et propres à réduire ou abaisser la poussée-limite exercée sur le mur. Celle-ci, telle que l'évaluent les formules (13) ou (14), se trouve ainsi trop faible.

On voit qu'il y a lieu de chercher si une deuxième approximation, basée sur l'emploi de l'équation (9), avec évaluation du second membre par les formules mêmes (10) obtenues ici, ne mènerait pas beaucoup plus près du but. Une prochaine Note sera consacrée à cette tentative.

CINÉMATIQUE. — *Sur le signe des rotations*. Note de M. L. Lecornu.

En Mécanique, une rotation est regardée comme positive lorsqu'elle s'effectue de la gauche vers la droite de l'observateur. Les astronomes ont adopté la convention inverse.

On a proposé de faire disparaître cette divergence et, pour cela, de prendre en Mécanique le même sens positif de rotation qu'en Astronomie; mais ce serait là, à mon avis, une décision regrettable, et voici les raisons de cette opinion.

L'Astronomie a été conduite à choisir comme positive la rotation de droite à gauche parce que c'est dans ce sens que, pour un observateur

placé dans l'hémisphère nord, s'effectuent les mouvements réels dont elle s'occupe (si l'Astronomie était née dans l'hémisphère sud, on eût fait probablement le contraire). La Terre tourne de droite à gauche autour de son axe quand on dirige celui-ci, comme il est naturel, vers le pôle nord. Elle tourne également de droite à gauche autour du Soleil quand on dirige la perpendiculaire au plan de l'écliptique de façon à former un angle aigu avec l'axe ainsi défini. Les planètes tournent dans le même sens autour du Soleil; de même la plupart des satellites autour de leurs planètes respectives. Donc, pas de doute : le sens direct des rotations en Astronomie est bien celui de droite à gauche. Remarquons cependant que déjà l'Astronomie sphérique, c'est-à-dire l'étude du mouvement apparent de la sphère céleste, fait apparaître la convention contraire.

C'est précisément ce mouvement de la sphère céleste qui a, suivant toute vraisemblance, conduit les mécaniciens à regarder comme positive la rotation de gauche à droite. Les premiers gnomons étaient de simples colonnes verticales dont le sommet projetait sur le sol une ombre tournant de cette façon. On a naturellement fait tourner de même les aiguilles des horloges et des montres, puis cette règle a été observée pour la plupart des cadrans gradués : l'expression « sens du mouvement des aiguilles d'une montre » est ainsi devenue, en pratique, synonyme de sens direct ou positif. Le même sens a été adopté pour les manivelles des crics, des treuils, voire même des orgues de Barbarie. C'est aussi le sens dans lequel un ouvrier doit faire tourner la tête d'une vis pour donner à celle-ci son mouvement de progression, qui est le mouvement positif puisque, avant de songer à retirer une vis, il faut bien l'avoir enfoncée. Le même sens se retrouve jusque dans la marche humaine : le soldat part du pied gauche, ce qui imprime à son corps une rotation de gauche à droite; les valseurs évoluent d'une façon analogue.

Bref, on irait à l'encontre de tous les usages de la vie si l'on prétendait imposer à la Mécanique appliquée le sens direct des astronomes; or la Mécanique rationnelle ne peut évidemment accepter une convention opposée à celle de la Mécanique appliquée.

Dans la Géométrie analytique à trois dimensions, les axes usuels sont précisément disposés de façon que, pour obtenir leur permutation dans l'ordre des lettres : Ox, Oy, Oz, il faille effectuer des rotations de gauche à droite. Il est vrai que, par une singulière contradiction, l'usage en Géométrie plane est de diriger les axes Ox, Oy de telle sorte que la rotation amenant Ox sur Oy se fasse de droite à gauche. Il serait aisé de faire l'inverse; mais voici une raison pour laisser les choses en l'état.

L'aire d'une courbe fermée, dont on donne l'équation, est mesurée par la valeur absolue de l'intégrale $\int y\,dx$ prise sur le contour, et l'on vérifie que, avec la disposition adoptée pour les deux axes, cette intégrale est positive ou négative suivant que le contour, supposé tracé sur un plan horizontal, est parcouru en tournant de gauche à droite ou de droite à gauche autour d'un observateur debout à l'intérieur de la courbe. Cette disposition a donc l'avantage d'attribuer à l'aire en question une valeur positive quand la rotation est elle-même positive. Cette remarque s'applique, notamment, au cycle de Carnot envisagé en Thermodynamique : il se trouve que les axes choisis (qui sont alors l'axe des volumes et l'axe des pressions) conduisent à parcourir le contour dans le sens direct des mécaniciens chaque fois que ce cycle est direct au sens de la Thermodynamique, c'est-à-dire correspond à une production de travail.

En résumé, laissons les astronomes et les mécaniciens conserver, dans leurs domaines respectifs, la convention jugée par eux la plus commode. La main droite diffère de la main gauche, et nul ne songe à s'en offusquer. Pourquoi se montrer plus exigeant vis-à-vis de la science que vis-à-vis de la nature elle-même?

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la crotonisation de l'aldéhyde éthylique : formation du butanol et de l'hexanol à partir de l'éthanol.* Note [1] de MM. **Paul Sabatier** et **Georges Gaudion**.

On sait que la présence de certaines matières peut provoquer la condensation de deux ou de *n* molécules d'aldéhydes forméniques, avec élimination d'eau et formation d'une molécule unique qui retient une seule fonction aldéhydique et possède une ou $n-1$ doubles liaisons éthyléniques. C'est la réaction désignée sous le nom de *crotonisation*.

Il en est ainsi avec l'éthanal, maintenu longtemps vers 100° avec une solution d'acétate de sodium [2], ou de chlorure de zinc [3]. La paraldé-

---

[1] Séance du 15 avril 1918.

[2] Lieben, *Monatshefte*, t. 13, 1892, p. 519

[3] Müller, *Bull. Soc. chim.*, t. 6, 1866, p. 796.

hyde, au contact d'acide sulfurique, donne lieu à une formation identique (1). Il y a production de *buténal*, ou aldéhyde crotonique, liquide irritant bouillant à 105° :

$$CH^3.COH + CH^3.COH = H^2O + CH^3.CH = CH.COH.$$

L'aldéhyde crotonique elle-même opposée à l'éthanal, au contact de chlorure de zinc vers 100°, donne lieu à une réaction semblable et engendre l'*hexadiénal*, bouillant vers 172° (2) :

$$CH^3.CH = CH.COH + CH^3COH = H^2O + CH^3.CH = CH.CH = CH.COH.$$

Nous avons pensé que la présence des oxydes anhydres, classés comme catalyseurs de déshydratation, pourrait effectuer dans des conditions analogues la crotonisation des aldéhydes, et particulièrement de l'éthanal. Ainsi qu'on va le voir, l'expérience a vérifié nos prévisions.

1° Dans une première série d'essais, l'éthanal a été préparé par déshydrogénation de l'alcool éthylique dans le tube même où devait être réalisée sa crotonisation. A cet effet, le tube était divisé en deux parties par un tampon de verre filé : la première, qui reçoit les vapeurs d'alcool, est garnie d'une traînée de cuivre réduit, maintenu à une température voisine de 300°, qui scinde l'éthanol en aldéhyde et hydrogène. La seconde partie du tube contient l'oxyde catalyseur maintenu à une température voisine de 360°. Les oxydes employés avec succès ont été l'oxyde de thorium, l'oxyde titanique et surtout l'oxyde d'uranium, UO^2.

La réaction donne lieu à un dégagement assez abondant de gaz entraînant des vapeurs condensables à la température ordinaire. Les gaz, constitués surtout par l'hydrogène issu du dédoublement de l'éthanol, renferment une certaine proportion d'oxyde de carbone et de méthane produits par un certain dédoublement de l'aldéhyde, et aussi d'éthylène, formé par déshydratation de l'alcool qui a échappé à la déshydrogénation, toujours limitée, dans la partie antérieure du tube.

Le liquide condensé a une coloration jaunâtre et dégage l'odeur irritante de l'aldéhyde crotonique. La distillation fractionnée permet d'y séparer, à

(1) Delépine, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. 16, 1909, p. 136, et t. 20, 1910, p. 389.

(2) Kékulé, *Ann. Chem. Pharm.*, t. 162, 1872, p. 105.

la suite de têtes riches en aldéhyde, de l'alcool, de l'eau et, au-dessus de 100°, de l'aldéhyde crotonique, qui peut être isolée bouillant à 105° par deux nouveaux fractionnements, et séparée de queues renfermant des produits plus condensés.

2° On arrive à un résultat presque identique quand on envoie *lentement* des vapeurs d'alcool éthylique sur une colonne unique d'oxyde d'uranium, maintenue vers 360°-400°.

L'un de nous avait signalé antérieurement avec M. Mailhe que l'oxyde d'uranium est pour les alcools un catalyseur mixte à la fois déshydrogénant et déshydratant, avec prédominance de la déshydrogénation ([1]).

L'aldéhyde issue de ce dernier effet est crotonisée aussitôt, et les liquides condensés contiennent, avec beaucoup d'eau et d'alcool, de l'aldéhyde crotonique et des produits supérieurs.

3° Le rendement en aldéhyde crotonique réalisé par les deux modes qui précèdent est assez médiocre, et l'on peut l'expliquer aisément par la dilution excessive des vapeurs d'éthanal au contact du catalyseur, ces vapeurs se trouvant mélangées à une grande quantité d'autres produits gazeux, alcool, eau, hydrogène, éthylène, oxyde de carbone et méthane.

Nous avons obtenu des résultats bien meilleurs en partant de la *paraldéhyde* que la vaporisation scinde presque totalement en éthanal. Les vapeurs de paraldéhyde sont dirigées sur une traînée d'oxyde catalyseur maintenue vers 360°. Les gaz, beaucoup moins abondants, sont formés d'un mélange d'oxyde de carbone et de méthane, chargés de vapeurs d'éthanal.

On recueille un liquide jaunâtre d'odeur très irritante, qui s'altère très rapidement par oxydation à l'air. En le soumettant immédiatement à la distillation fractionnée, nous avons obtenu, pour 100 volumes, environ :

Au-dessous de 100°	40^{vol}
De 100° à 120°	30
De 120° à 170°	20
De 170° à 230°	10

Par un nouveau fractionnement rapide des portions moyennes, on peut isoler de l'*aldéhyde crotonique*, bouillant à 105°, décolorant le réactif de Caro, absorbant énergiquement le brome, donnant une combinaison cristallisée avec le bisulfite de sodium.

([1]) Paul Sabatier et A. Mailhe, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. 20, 1910, p. 344.

Les fractions recueillies au voisinage de 170° sont d'une altérabilité extrême et contiennent l'*hexadiénal* de Kékulé; elles décolorent fortement l'eau de brome et présentent des réactions aldéhydiques très intenses.

Quant aux queues de distillation passant au-dessus de 200°, elles semblent être constituées par des produits plus élevés de condensation de l'aldéhyde crotonique vis-à-vis d'elle-même, tels que l'*octatriénal*. Il convient d'ailleurs de noter que, si l'on accroît la température de l'oxyde catalyseur, le dédoublement de l'éthanal en produits gazeux devient plus important : les liquides condensés sont moins abondants et plus pauvres en aldéhyde crotonique, mais au contraire plus riches en produits de condensation élevée.

Hydrogénation directe du produit de la crotonisation. — Afin de mieux caractériser la nature des produits très altérables que fournit la crotonisation sur les oxydes, nous avons réalisé leur hydrogénation directe sur le nickel.

Ce procédé avait été appliqué avec succès à l'aldéhyde crotonique par M. Douris qui, en opérant à 170°, l'avait changée en un mélange d'aldéhyde butylique et d'alcool butylique (1).

Le produit brut de la crotonisation (3e mode) a été immédiatement, par un fractionnement rapide, débarrassé des portions bouillant au-dessous de 90°, et des queues passant au delà de 220°, et séparé en deux fractions 90° à 130° et 130° à 220°.

La première, qui contient l'aldéhyde crotonique, est soumise de suite à une hydrogénation lente sur le nickel à 170°-180°. Le liquide obtenu, encore aldéhydique et incomplet vis-à-vis du brome, est soumis immédiatement à une nouvelle hydrogénation. On atteint ainsi un liquide incolore, qui ne décolore plus l'eau bromée, et d'où la distillation fractionnée permet d'isoler une proportion notable d'*alcool butylique normal*, passant entre 114° et 120°; nous l'avons identifié en le transformant, par l'action de l'anhydride acétique, en *acétate de butyle*, bouillant à 125°.

La deuxième fraction, liquide jaunâtre d'odeur irritante, a été de même soumise à l'hydrogénation sur le nickel vers 200° avec un courant assez rapide d'hydrogène.

Deux hydrogénations successives amènent à un liquide incolore d'odeur

---

(1) Douris, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 9, 1911, p. 922.

assez agréable, qui ne décolore plus l'eau de brome. On en sépare un alcool bouillant à 156°-160° que l'action de l'anhydride acétique transforme en éther acétique bouillant à 170°. C'est l'*hexanol normal*, issu de la fixation régulière de 6^{at} d'hydrogène sur l'*hexadiénal* qu'avait fourni la crotonisation.

Les produits supérieurs contiennent un mélange d'alcools plus élevés (octanol, décanol). Il convient de signaler que les queues de distillation possèdent une odeur phénolique rappelant celle du carvacrol.

On voit donc qu'en appliquant successivement à l'éthanol des catalyses de déshydrogénation, de déshydratation, puis d'hydrogénation, on arrive à produire les alcools normaux à 4^{at} et 6^{at} de carbone. Nous nous occupons de généraliser dans une certaine mesure ce genre de réactions.

GÉOLOGIE. — *Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires.* Note de M. Ch. Depéret.

Après mon précédent essai de classification (*Comptes rendus*, 25 mars 1918) du Quaternaire marin de la Méditerranée, je vais tenter d'appliquer le même classement aux côtes atlantiques.

Océan Atlantique. — En quittant la Méditerranée pour suivre les côtes atlantiques de l'Ancien Monde, les anciennes lignes de rivage ont été moins bien étudiées. Sur les rares points où des faits précis sont signalés, les observateurs se sont contentés trop souvent de noter la hauteur des gisements de fossiles marins sans rechercher l'*altitude de la ligne de rivage correspondante*, et sans tenir compte de la tranche d'eau qui recouvrait les gisements considérés. Aussi les altitudes données représentent-elles seulement des *minima* qu'il faudrait augmenter de quelques mètres, et surtout contrôler par de nouvelles observations.

A cette insuffisance des documents publiés s'ajoutent des difficultés spéciales aux côtes atlantiques : 1° l'action destructive des marées et des fortes tempêtes, au moins pour les dépôts peu élevés ; 2° le recul récent du rivage sur les côtes de France, des Iles Britanniques, de Scandinavie, recul démontré par les chaînes d'îles détachées de ces rivages à une époque géologique peu ancienne ; 3° pour les pays du nord de l'Europe, l'invasion de ces contrées par les immenses glaciers scandinaves et écossais qui ont dû soit empêcher par leur présence la formation des dépôts marins, soit

détruire par érosion glaciaire le sommet des dépôts constitués dans l'intervalles des glaciations.

Malgré ces difficultés, on peut cependant réunir un nombre assez grand de faits d'observation, pour permettre une comparaison utile avec les dépôts méditerranéens.

Gibraltar. — Dès la sortie de la Méditerranée, le rocher de Gibraltar montre l'existence d'anciennes lignes de rivage étudiées par Ramsay et Geikie [1]. On peut noter : 1° un dépôt coquillier à 8^m d'altitude dans l'isthme qui relie le rocher à la terre ferme ; 2° une ligne de rivage avec Balanes à 16^m-17^m sur la côte Nord (= rivage *monastirien* 18^m-20^m) ; 3° une plage à 23^m-25^m sur la falaise d'Europe et une plage à 27^m avec plus de cent espèces de coquilles marines actuelles (ces deux gisements répondent à très peu près au rivage *tyrrhénien* 30^m) ; 4° une plate-forme d'abrasion littorale à 53^m et un lit d'Huîtres à 57^m (ligne de rivage *milazzienne* 55^m-60^m); 6° une deuxième plate-forme littorale à 87^m près d'Europe Advance Battery répond à la ligne de rivage sicilienne (90^m-100^m). Un dépôt plus élevé, à 200^m, doit appartenir au Pliocène.

Portugal. — Dès 1867, Ribeiro [2] signalait sur toute la côte portugaise une bande de sable blanc ou de grès coquillier, s'élevant jusqu'à 100^m et même 135^m sur quelques points. Il cite notamment : Alzejur au nord du cap Saint-Vincent (40^m), le cap d'Espichel (70^m), les caps Sinès et Roca (5^m et 20^m), et des grottes excavées par l'Océan, du cap d'Espichel jusqu'à Setubal.

MM. Choffat et Dollfus [3] ont étudié sur la falaise de la chaîne de l'Arrabida, près le sémaphore du cap d'Espichel, une série de gisements coquilliers, échelonnés à 6^m, 15^m, 25^m et 62^m d'altitude et, en outre, un dépôt de sables et galets avec coquilles roulées (peut-être le sommet de la même plage) à 70^m. On reconnaîtra aisément les lignes de rivage monastirienne (15^m, 20^m), tyrrhénienne (25^m) et milazzienne (62^m). M. Dollfus indique que la

---

[1] *On the Geology of Gibraltar* (*Quart. Journ. Geol. Soc. London*, t. 24, 1878, p. 505).

[2] RIBEIRO, *Note sur les terrains quaternaires du Portugal* (*Bull. Soc. géol. de France*, t. 24, 1867, p. 692).

[3] CHOFFAT et DOLLFUS, *Quelques cordons littoraux marins du Pléistocène du Portugal* (*Bull. Soc. géol. de France*, t. 4, 1904, p. 739).

faune de 62^{m} est une *faune tempérée froide* analogue à celle de la Manche (*Pecten maximus*, *Mytilus edulis*); celle de 15^{m} est une *faune atlantique tempérée* (*Mytilus galloprovincialis*, *Patella cærulea*); enfin, la faune de 6^{m} est une *faune atlantique tempérée chaude* avec éléments plus méridionaux (*Patella safiensis*, *Pectunculus bimaculatus*). Il y aurait donc un réchauffement graduel des eaux marines depuis le niveau de 60^{m} jusqu'à celui de 6^{m}, ce qui concorde avec les changements climatériques décrits dans la Méditerranée.

Partant du détroit de Gibraltar, je vais suivre les lignes de rivage quaternaires d'abord le long des côtes d'Afrique, ensuite sur les côtes de l'Europe occidentale.

A. *Côtes africaines : Maroc.* — La côte occidentale du Maroc est bordée par une bande de Quaternaire marin, n'ayant donné lieu qu'à des indications trop sommaires. M. Brives a bien voulu m'écrire qu'il a observé des plages quaternaires à Larache, Rabat, Mazagan, Mogador et Agadir; elles sont très peu élevées, sauf à Mogador où elles atteignent une dizaine de mètres. Elles sont formées de grès coquilliers surmontés à Rabat, Casablanca, Mogador par des dunes consolidées à *Helix* dont le sommet atteint 18^{m} à 20^{m}.

Au sud de Safi, au promontoire Djorf er Rerraba, M. Lemoine [1] a recueilli dans un sable rouge agglutiné des coquilles où M. Boistel [2] a reconnu le *Pecten Jacobæus* méditerranéen associé au *P. maximus* atlantique. Le gisement n'a que 4^{m} d'altitude, mais la ligne de rivage correspondante n'a pas été précisée. Sur les bords de l'Oued Tidzi, à 20^{km} au sud de Mogador, ces géologues signalent à 60^{m} d'altitude un sable jaune grossier agglutiné, avec *Ostrea edulis*, vraisemblablement quaternaire.

Entre Mogador et Agadir, M. Gentil revient à plusieurs reprises [3], sans donner malheureusement de détails, sur la présence d'une série de plages quaternaires, parfois coquillières, étagées *jusqu'à* 100^{m} *d'altitude maximum*.

---

(1) LEMOINE, *Quelques résultats d'une mission dans le Maroc occidental* (*Bull. Soc. géol. de France*, t. 5, 1915, p. 198).

(2) BOISTEL, *Les fossiles néogènes du Maroc rapportés par M. Lemoine* (*Ibid.*, p. 201).

(3) GENTIL, *Recherches de Géologie et de Géographie physique* (*Mission Segonzac au Maroc*, 1904-1905, p. 736); *Le Maroc physique* (Alcan, 1910, p. 177).

Enfin à Agadir, M. Kilian [1] signale, d'après les récoltes de M. Reboul, une plage quaternaire à 14^{m} au-dessus du niveau moyen de la mer. La faune, selon M. Gignoux, comprend, avec une majorité d'espèces des mers d'Europe, quelques formes, comme *Yetus cymbium*, *Cypræa zonata*, *Cardita senegalensis*, *Mytilus cf. afer* qui donnent à la faune d'Agadir un cachet déjà très africain.

Mauritanie et Sénégal. — Au sud du Maroc, la côte africaine a été mieux explorée, grâce aux recherches de MM. Dereims [2], Chudeau [3] et Chautard [4], avec la collaboration de M. Dollfus.

La côte *mauritanienne*, du cap Bojador au cap Timris, est bordée d'après Chudeau par une falaise gréseuse quaternaire dont la hauteur varie de 20^{m} à 30^{m}. A l'est de la baie du Lévrier, des plateaux d'une vingtaine de mètres constituent le Krekche et le Taziast. Les grés blancs de Krekche contiennent, à Bir el Aïoudj, *Arca senilis*, des Huîtres et un Oursin, *Rotuloidea Fonti*, intermédiaire entre *R. fimbriata* du Pliocène marocain et *R. Rumphi* actuel.

Chautard a observé, sur la côte de la baie du Lévrier, une ancienne plage de 20^{m}, avec une faune analogue à la faune sénégalienne actuelle : *Arca senilis*, *Cardium costatum*, *Fusus morio*, *Conus testudinarius*, *Mesalia varia*, etc.

Au sud du cap Timris, Chudeau signale des plages à 5^{m}, 15^{m} et 25^{m} d'altitude, et, au loin, dans l'intérieur, vers Touizikt (Inchiri) des dépôts marins s'élevant jusqu'à une soixantaine de métres. Dereims a aussi parcouru cette dernière région et recueilli à Nouaremech, à 55^{m} d'altitude, *Fusus morio* et *Conus papilionaceus*. Cette dernière localité, à 150^{km} de la côte, semble la limite extrême de l'extension du grand golfe quaternaire marin de Mauritanie.

Dans son voyage du Sénégal à l'Adrar, Dereims a recueilli des fossiles

---

(1) Kilian, *Géologie des environs d'Agadir* (*Comptes rendus sommaires Soc. géol. de France*, janvier 1917, p. 33).

(2) Dereims et Dollfus, *Les coquilles du Quaternaire marin du Sénégal* (*Mém. paléontol. : Soc. géol. de France*, t. 18, 1911, mém. n° 44).

(3) Chudeau, *Le golfe de Mauritanie* (*Bull. Soc. géol. de France*, t. 8, 1908, p. 560); *Note sur la Géologie de la Mauritanie* (*Ibid.*, t. 11, 1911, p. 413).

(4) Chautard, *La faune de quelques plages soulevées du Sénégal et de la Mauritanie* (*Bulletin Soc. géol. de France*, t. 9, 1909, p. 392).

quaternaires dans une série de localités, dont les conditions altimétriques restent à peu près inconnues. Peut-être y a-t-il là plusieurs lignes de rivage qu'il eût été important de séparer. L'ensemble de la faune, selon Dollfus, présente le faciès sénégalien actuel, mais appauvri et privé de son cortège tropical de *Voluta*, de *Terebra*, de *Marginella*, de *Strombus*, etc., avec, au contraire, une prépondérance des éléments des mers d'Europe tempérées ou méridionales. Il ne reste de la faune sénégalienne qu'un petit nombre de formes : *Fusus morio*, *Cerithium atratum*, *Mesalia brevialis*, *Venus tumens*, *Arca senilis;* cette dernière espèce paraît la plus caractéristique du Quaternaire de toutes les cités africaines.

Au Sénégal, les recherches de Chautard ont fait connaître : 1° un gisement à 5^m, près Dakar, avec *Arca senilis* et *Venus tumens;* 2° un niveau à 15^m à Rufisque et Kamba avec faune semblable à celle de la côte voisine; 3° un niveau de 25^m au nord des casernes des Madeleines à Dakar et près du village de Yoff; la faune plus variée comprend *Conus testudinarius* et *Tritonidea viverrata* des couches à Strombes méditerranéennes; 4° enfin, un niveau à 45^m à l'est du volcan des Mamelles, avec grands cônes (*Conus Mercati*) et volutes (*Yetus gracilis*) à affinités tropicales.

Angola. — Bien plus au Sud, au delà de l'équateur, M. Choffat [1] a résumé quelques vagues indications sur le Quaternaire marin de l'Angola, d'après les récoltes de Gröger, Buchner, Freire d'Andrade et le Dr Welwitsch [2]. Près Saint-Paul de Loanda, on observe des falaises gréseuses qui ont fourni des fossiles où domine *Arca senilis*, à 15^m et 30^m, et selon Choffat, jusqu'à 200^m au-dessus du rivage actuel. Il y a là probablement plasieurs lignes de rivage qu'il serait important de fixer avec plus de précision.

Coordination. — En coordonnant les faits ci-dessus, on peut établir les concordances suivantes avec les dépôts de la Méditerranée :

---

(1) Choffat, *Contribution à la connaissance géologique des colonies portugaises* (*Mémoires du Service géologique du Portugal*, t. 2 : *Nouvelles données sur la zone littorale d'Angola*).

(2) Dr Welwitsch, *Quelques notes sur la géologie d'Angola*, coordonnées par Choffat (*Communicaçoes de Commissão de trabalhos geologicos de Portugal*, t. 2, fasc. 1, p. 27).

I. *Étage sicilien* (ligne de rivage de 90^m-100^m). — Plate-forme d'abrasion à Gibraltar (87^m). Plages à 100^m entre Mogador et Agadir (Gentil). Probablement partie des dépôts marins à 100^m du sud du Portugal (Ribeiro) et de l'Angola (Choffat).

II. *Étage milazzien* (ligne de rivage de 55^m-60^m). — Plate-forme d'abrasion à 53^m et banc d'Huîtres à 57^m à Gibraltar. Gisement du cap d'Espichel à 62^m. Sables jaunes de l'Oued Tidzi (Maroc) à 60^m. Golfe de Mauritanie : Touizikt (60^m), Nouaremech (55^m). Il faut y rattacher sans doute des gisements d'*altitude minimum* : 45^m aux Mamelles (Sénégal) et 40^m au cap Saint-Vincent (Portugal).

III. *Étage tyrrhénien* (ligne de rivage de 30^m). — Plages de 25^m et 27^m à Gibraltar. Gisement à 25^m du cap d'Espichel. Plage à 25^m au sud du cap Timris (Mauritanie). Plage à 25^m à Dakar et aux Mamelles (Sénégal). Plateaux gréseux à 30^m à Saint-Paul de Loanda (Angola).

IV. *Étage monastirien* (ligne de rivage de 18^m-20^m). — Ligne de rivage avec Balanes à 16^m-17^m à Gibraltar. Gisement de 15^m au cap d'Espichel. Plateaux du cap Blanc et de la baie du Lévrier à 20^m (Mauritanie). Gisements à 15^m au sud du cap Timris (Mauritanie). Plateaux gréseux à 15^m à Saint-Paul de Loanda.

Il faudra en outre rattacher, soit à la ligne de rivage de 20^m, soit à une ligne inférieure (7^m-8^m), les gisements suivants de faible altitude : 8^m à Gibraltar, 6^m au cap d'Espichel, 5^m aux caps Sinès et Roca-Mondego (Portugal), plages marocaines à 10^m-14^m de Larache à Agadir, 4^m au sud de Safi, 5^m au sud du cap Timris et à Dakar.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de M. le général *Bassot*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 43,

M. Louis Favé	obtient.	21 suffrages
M. Félix Arago	»	9 »
M. Édouard Perrin	»	8 »
M. Alfred Angot	»	5 »

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 43,

M. Louis Favé	obtient	. . . .	31 suffrages
M. Félix Arago	»	. . . .	8 »
M. Édouard Perrin	»	. . . .	3 »
M. Alfred Angot	»	. . . .	1 suffrage

M. **Louis Favé**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

1° Le tome 2, fascicule I, de la Mission du Service géographique de l'Armée pour la mesure d'un arc de méridien équatorial en Amérique du Sud sous le contrôle de l'Académie des Sciences (1899-1906) : *Introduction générale aux travaux géodésiques et astronomiques primordiaux de la Mission. Notice sur les stations*, par le lieutenant-colonel G. Perrier.

2° Instrumentfabriks Aktiebolaget Lyth. *A new kind of micro-balance weighing to* 10^{-6} *mg*.

ASTRONOMIE. — *Contraction et évolution du Soleil.* Note de M. **A. Véronnet**, présentée par M. Puiseux.

J'ai montré que la théorie de la contraction de Helmholtz donnait pour le Soleil une quantité de chaleur devant laquelle toutes les autres causes étaient négligeables [1]. M. Briner a montré qu'en partant des atomes au lieu des molécules, pour calculer la chaleur de formation des composés, on obtenait des nombres plus forts [2]. Mais encore on n'obtient que 10 à 20000 années

---

[1] *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1649.

[2] *Le problème chimique du rayonnement solaire* (*Rev. gén. sc.*, 15 mai 1916).

de chaleur au lieu de 10 à 20 millions donnés par la contraction, avec une moyenne probable de 15 millions.

La théorie de Helmholtz exige que le Soleil se refroidisse et se contracte en rayonnant sa chaleur, tout comme un liquide normal. J'ai montré qu'en prenant la loi des gaz réels il en était bien ainsi pour une masse gazeuse telle que le Soleil, et j'ai donné une première approximation de sa vitesse de contraction et de la variation de ses conditions physiques avec le temps [1].

On peut résoudre intégralement le problème, car la loi du rayonnement de Stefan permet de déterminer complètement la courbe de variation de la température et du rayon d'un astre, même très loin dans le temps, connaissant les données actuelles, tout comme la loi de la gravitation de Newton permet de déterminer la courbe d'une comète, même très loin dans l'espace, si l'on en a fixé quelques éléments.

L'énergie dépensée pour concentrer une masse homogène M de l'infini au rayon R et le travail de concentration de cette masse sont donnés par les formules

$$(1) \qquad E = \frac{3}{5} f \frac{M^2}{R}, \qquad dE = -E_1 \frac{dR}{R^2},$$

E_1 est l'énergie totale correspondant au rayon R_1 pris comme unité [2].

D'autre part, la quantité de chaleur perdue par rayonnement est proportionnelle à la surface, c'est-à-dire à R^2 et à la quatrième puissance de la température, d'après la loi de Stefan. De plus, la quantité de chaleur dE, produite par la contraction, est sensiblement égale à celle-ci. On a donc

$$(2) \qquad dQ = Q'_1 T^4 R^2 dt,$$

$$(2') \qquad \frac{dR}{dt} = -\frac{Q'_1}{E_1} T^4 R^4.$$

Q'_1 est la quantité de chaleur rayonnée actuellement par an. On a

$$E_1 = 15 \times 10^6 Q'_1.$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 1035; t. 166, 1918, p. 109 et 286.

(2) Si la masse n'est pas homogène, le coefficient $\frac{3}{5}$ augmente avec la concentration. Sa valeur maximum serait égale à 1, dans le cas limite d'un gaz parfait. (Voir H. Poincaré, *Hypothèses cosmogoniques*, p. 200 et 202.)

La dernière formule donne la vitesse de contraction, à un moment quelconque, en fonction de T et de R.

Mais T et R sont reliés à chaque instant par la formule de dilatation où α est le coefficient de dilatation cubique moyen du volume limite.

La température superficielle actuelle étant prise comme unité, on a

$$(3) \qquad \frac{1+\alpha T}{1+\alpha} = \frac{V}{V_1} = \frac{R^3}{R_1^3} = R^3 \qquad \text{ou} \qquad T = \frac{R^3 - 1}{\alpha} + R^3.$$

Dans le passé on avait $R > R_1$ ou $R > 1$, et, par conséquent, $T > R^3$, quel que soit α. En remplaçant T par R^3 dans ($2'$) on obtient, pour le temps de contraction de l'infini au rayon R, la *limite supérieure* suivante :

$$(4) \qquad dt \leqq -\frac{E_1}{Q'_1}\frac{dR}{R^{16}}, \qquad t \leqq \frac{t}{15}\frac{1}{R^{15}}.$$

On a $t_1 = 15$ millions d'années de chaleur environ. On en déduit que le régime présent du Soleil (contraction avec refroidissement, densité à peu près uniforme à l'intérieur) ne peut pas remonter à plus d'un million d'années dans le passé. Ce résultat est indépendant de la valeur de α, regardé comme constant [1], comme aussi des hypothèses faites sur la température à l'intérieur ou à la surface de l'astre. Il suffit que le rapport de la température superficielle à la température moyenne ne subisse pas de grandes variations.

En remplaçant au contraire, dans ($2'$), dR par sa valeur en fonction de dT tiré de (3) et R^3 par T, on obtient la *limite inférieure* suivante :

$$(5) \qquad dt \geqq -\frac{\alpha t_1}{3(1+\alpha)}\frac{dT}{T^6}, \qquad t \geqq \frac{\alpha}{1+\alpha}\frac{t_1}{15}\frac{1}{T^5}.$$

Cette limite dépend du coefficient de dilatation α. Or, d'après l'accroissement de densité des planètes à mesure qu'on s'approche du Soleil, on peut attribuer à celui-ci un rayon double et un volume 8 fois plus grand que celui qu'il aurait à 0°. Il aura ainsi à zéro une densité de $11,28 = 1,41 \times 8$. Dans ce cas, on aurait $\alpha = 7$.

C'est aussi la valeur du coefficient moyen de dilatation obtenu en extra-

---

(1) Amagat a montré que pour tous les corps, au-dessus de leur point critique, c'est-à-dire réduits à l'état gazeux, le coefficient de dilatation tendait vers une limite, qui restait constante, aux températures élevées, absolument comme pour les gaz ordinaires.

polant les coefficients des solides, des liquides et des gaz. On obtient alors $t \geqq 870\,000$ ans. Avec $\alpha = 3$ on aurait $t \geqq 750\,000$.

En résumé la loi de Stefan nous donne deux formules qui limitent étroitement dans le passé la durée du régime actuel du Soleil. La valeur probable est comprise entre 900 000 ans et 1 million d'années.

La valeur de dT tirée de (3) et portée dans (2) donne encore, pour $R > R_1$,

$$(6) \qquad \frac{dT}{dt} = -\frac{3(1+\alpha)}{\alpha t_1} T^4 R^6, \qquad -\frac{dT}{dt} \geqq \frac{3(1+\alpha)}{\alpha t_1} R^{18}.$$

La vitesse de refroidissement d'un astre est donc proportionnelle à la dix-huitième puissance du rayon. Elle est déjà 6 fois plus grande ou plus petite pour $R = 1,1$ ou $0,9$ et 60 fois pour une variation de $\frac{2}{10}$. Il est donc inutile de donner au Soleil, dans le passé, un rayon plus grand que 1,2. Le temps écoulé auparavant serait inférieur à 65 000 ans. La température aurait été environ le double. On en déduit ce résultat très important que notre Soleil n'a jamais dû être très différent de ce qu'il est actuellement ni comme rayon, ni comme température, ni par conséquent comme état physique, et les calculs ci-dessus s'y appliquent intégralement.

On déduit de (6) la valeur du refroidissement actuel, qui serait au minimum de $\frac{3}{t_1}$, c'est-à-dire de $\frac{1}{5}$ pour 1 million d'années ou de 0,02 pour 100 000 ans. Le refroidissement terrestre lui est rigoureusement proportionnel. A l'équateur nous avons 34°C. ou 307° absolus et à Paris 10°C. ou 283° absolus. Le refroidissement y sera respectivement de 6°,1 et de 5°,6 en 100 000 ans. On aurait une température moyenne de 0° à Paris dans 200 000 ans et dans 600 000 ans à l'équateur. Cette dernière limite pourra être portée à 800 000 ans par le ralentissement du refroidissement. La Terre sera gelée, mais l'homme aura trouvé depuis longtemps, sans doute, le moyen de mieux utiliser l'énergie solaire, qui n'aura diminué que de $\frac{1}{10}$, et de fabriquer industriellement du sucre et même des aliments azotés.

MINÉRALOGIE. — *Sur les minerais d'or de la Côte d'Ivoire.* Note de M. F. Roux.

La présence du tellure dans les minerais aurifères de la Côte d'Ivoire est connue depuis longtemps; mais la dissémination des minerais tellurés, en mouches très fines et rares, dépourvues de toute forme cristalline, n'en permet pas la détermination minéralogique.

La nature exacte de ces minerais ayant une très grande importance économique, pour le choix du traitement à appliquer en vue de l'extraction de l'or, j'ai entrepris l'étude de quelques échantillons que j'avais pu recueillir moi-même en 1910-1911 à Kokumbo (Baoulé Sud).

Un échantillon de la partie métallique d'un quartz, sans or visible, a donné à l'analyse :

	Pour 100.
Or	8,63
Bismuth	48,36
Cuivre	1,82
Tellure	37,52
Argent	tr. indos.
Soufre (par différence)	3,65

Ce minerai est donc une tétradymite aurifère.

Même dans les parties du filon où ce minéral est complètement invisible, le bocardage laisse déposer sur la table d'amalgation une poudre grise, impalpable, et l'or recueilli à la batée contient une proportion notable de tellure et de bismuth, proportion variable avec l'échantillon, et due à un mélange de deux espèces minérales.

Deux échantillons métalliques, extraits du minerai de Poressou, l'un simplement lavé à la batée, l'autre trié à la main, m'ont donné pour 100 (quartz déduit) :

Or	76,78	93,04
Argent	2,70	4,56
Tellure	»	1,08
Non dosé	20,52	1,32

La présence de tellure et de bismuth a été constatée dans les deux échantillons.

L'amalgame recueilli sur des tables (neuves) contenait deux tiers de mercure, et le résidu de distillation se composait de :

	Pour 100.
Or	68,96
Cuivre	27,44
Argent	1,43
Bismuth	2,27

La nature de ces minerais explique fort bien les difficultés rencontrées dans leur traitement; et comme, si la présence du tellure est sensiblement constante dans les minerais aurifères de la Côte d'Ivoire, la nature des tellurures doit varier avec les filons, une étude chimique minutieuse s'impose.

BOTANIQUE. — *Un nouvel hybride de greffe.* Note de M. **Fernando La Marca**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La question des hybrides de greffe, sur laquelle il a été tant écrit en ces dernières années (¹), est devenue l'une des plus importantes de la Biologie végétale et elle peut servir à comprendre de nombreux phénomènes naturels dont on n'aurait pu donner une explication scientifique non pas exacte mais seulement plausible avant qu'ait été formulée la séduisante théorie de l'hybridation asexuelle. Aujourd'hui on ne nie plus, en général, l'existence des hybrides asexuels, mais on discute encore au sujet de leur origine; les uns admettent qu'ils sont formés par l'union de deux cellules végétatives du sujet et du greffon, et les autres qu'ils sont dus à la superposition de couches cellulaires appartenant au sujet et au greffon.

En décembre 1914, j'eus l'occasion de faire des recherches sur des Oliviers greffés, il y a une quarantaine d'années, dans la propriété Chiusanova, commune de St. Elia Fiume Rapido (province Caserta, Italie). Le greffon appartenait à la variété Cannellina, dont le fruit, à maturité, est de couleur blanc ivoire; le sujet était la variété Caiazzana, dont la drupe est noire. Je remarquai avec étonnement que trois de ces arbres greffés présentaient à la fois des olives blanc ivoire et des olives noires. Sur l'un, les olives noires se trouvaient à la cime de l'arbre et à sa périphérie; sur le second, à l'extrémité d'une pousse qui retombait perpendiculairement de l'extrémité d'une vieille branche; enfin sur le troisième, elles étaient situées sur un rameau issu d'une branche courbée en arc, tandis que deux autres pousses partant du même point portaient des olives blanc ivoire.

Une telle diversité de coloration des fruits me fit penser que j'étais en présence d'hybrides asexuels et je fus ainsi amené à étudier chez ces plantes les caractères spécifiques qui présentent le moindre coefficient de variation par rapport aux facteurs culturaux et climatologiques, c'est-à-dire ceux du noyau en particulier. L'olive Cannellina greffon présente des noyaux du type fusiforme bosselé; l'olive Caiazzana sujet a des noyaux elliptiques aigus quand l'hybride asexuel possède des noyaux obovales bosselés, intermédiaires entre ceux du greffon et du sujet. Comme les divers facteurs

(¹) Voir pour l'historique de la question : Lucien Daniel, *L'hybridation asexuelle* (*Revue générale de Botanique*, 1914-1915).

naturels et artificiels, tout en déterminant des différences sensibles dans les noyaux des olives d'un même groupe, n'altèrent pas ou rendent seulement variables entre de faibles limites le rapport entre les diamètres équatorial et longitudinal, j'ai recherché ces rapports sur 20 noyaux de chaque variété. Tandis que l'olive Cannellina greffon présentait un rapport maximum de 1 : 3,12 et un minimum de 1 : 3,02, l'olive Caiazzana sujet un maximum de 1 : 1,82 et un minimum de 1 : 1,63, l'hybride fournissait un rapport maximum de 1 : 1,92 et un minimum de 1 : 1,73. On sait que les variétés les plus perfectionnées ont des noyaux elliptiques moins bosselés quand celles qui se rapprochent du type sauvage ont des noyaux fusiformes plus tourmentés. L'hybride, par sa configuration externe et les accidents prononcés de sa surface, est donc intermédiaire entre les deux types greffés et réalise une forme moins perfectionnée que la Caiazzana, mais moins sauvage que la Cannellina.

L'étude de divers autres caractères confirme encore l'hypothèse d'une hybridation asexuelle. J'ai pris sur le sujet, le greffon et l'hybride, des rameaux de même vigueur et de même exposition; j'ai détaché 20 feuilles choisies dans la région médiane de ces rameaux et j'ai mesuré leurs diamètre longitudinal et équatorial. La moyenne des 20 rapports était de 1 : 4,81 pour l'olive Cannellina, de 1 : 4,06 pour l'olive Caiazzana et de 1 : 4,39 pour l'hybride.

Le pédoncule des drupes de l'olive Cannellina est très long, avec un minimum de 3^{cm} et un maximum de 6^{cm}; celui de l'olive Caiazzana, très court, a un maximum de 2^{cm} et celui de l'hybride a un minimum de 2^{cm} et un maximum de 3^{cm}.

L'analyse des petites quantités d'huile extraites fournit des différences très faibles en acides gras solides, palmitique, stéarique, etc., soit 80,07 pour la Cannellina, 80,01 pour la Caiazzana et 79,22 pour l'hybride. L'acidité en acide oléique était de 0,230 pour 100 chez l'olive Cannellina, de 0,842 chez l'olive Caiazzana et seulement de 0,191 chez l'hybride. Quant à la couleur des huiles, bien différente chez le sujet et le greffon, elle était intermédiaire chez l'hybride. Ces trois mêmes huiles furent analysées de nouveau après 40 jours d'exposition à l'air et à la lumière, dans de grands cristallisoirs; à ce moment l'acidité oléique était de 0,284 pour l'olive Cannellina, de 1,25 pour l'olive Caiazzana et de 0,480 pour l'hybride. On voit que celui-ci se comporte à ce point de vue d'une façon toute différente du sujet et du greffon. Au point de vue de la couleur, l'huile de Caiazzana et

celle de l'hybride subirent une complète décoloration à la lumière, tandis que l'huile de Cannellina conserva une légère couleur jaune paille.

J'ai constaté pendant quatre années successives la répétition des mêmes phénomènes. Ils prouvent, une fois de plus, que l'hybridation asexuelle, à la suite de certaines greffes, est une réalité.

BOTANIQUE. — *Sur la nature et la signification du chondriome.* Note de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La question de la nature et de la signification du chondriome a donné lieu récemment en cytologie végétale à tant d'opinions contradictoires que nous sommes convaincus qu'on a décrit sous le nom de *chondriome* des éléments de natures très diverses. Aussi, en raison de l'importance capitale de cette question au point de vue de la physiologie cellulaire et afin d'éviter pour l'avenir de regrettables confusions, croyons-nous opportun de définir d'une manière aussi exacte que possible ce que nous entendons par *mitochondries*.

Les mitochondries présentent des caractères bien définis, qui, dans la majorité des cas, permettent de les reconnaître facilement. Elles représentent des éléments constitutifs du cytoplasme où elles sont toujours présentes, même dans les cellules âgées, et tout semble démontrer qu'il n'y a pas de cellule sans chondriome. Elles ne sont que rarement visibles sur le vivant, surtout dans la cellule animale, et même dans le cas où elles se laissent apercevoir, elles sont très souvent peu distinctes; aussi est-il toujours dangereux d'établir des conclusions sur les caractères du chondriome en s'appuyant uniquement sur son observation vitale. Quelle que soit l'importance des observations vitales dont personne plus que nous ne reconnaît la nécessité, puisque nous avons été l'un de ceux qui se sont le plus attachés à l'étude vitale du chondriome, on ne saurait nier que la cytologie fine est impossible sans le concours de la méthode de fixation et coloration. L'essentiel est de trouver des cellules favorables à l'examen vital, qui permettent d'apprécier l'efficacité de cette méthode. C'est ce que nous avons réalisé sur les cellules épidermiques des pétales de Tulipe et d'Iris qui montrent avec une remarquable netteté leur chondriome. Elles nous ont permis d'en faire une étude vitale aussi complète que possible et de nous assurer de la réalité des figures obtenues par les méthodes mitochondriales. Autant qu'il ressort de ces recherches, qui sont d'ailleurs en concordance parfaite avec les recherches effectuées dans la cellule animale par Fauré-Frémiet et R. et H. Lewis, le cytoplasme apparaît comme une substance hyaline et d'aspect homogène, renfermant un très grand nombre de mitochondries sous forme de petits corps se distinguant du reste du cytoplasme par une réfrigence plus forte,

quoique pas très accusée. On y trouve également presque toujours de petits globules graisseux faciles à distinguer des mitochondries par leur forte réfringence (microsomes de M. Dangeard). La forme des mitochondries est ordinairement celle de grains isolés (mitochondries granuleuses), de bâtonnets courts ou de filaments minces, allongés et onduleux, parfois ramifiés (chondriocontes). Les éléments du chondriome sont entraînés par les mouvements cytoplasmiques et les chondriocontes se déplacent en serpentant.

Les mitochondries sont les éléments les plus fragiles de la cellule; elles sont particulièrement sensibles aux influences osmotiques. En milieu hypotonique, les mitochondries granuleuses se gonflent et se transforment en grosses vésicules aqueuses; les chondriocontes se segmentent en grains qui à leur tour se transforment en grosses vésicules. Cette altération qui se produit presque instantanément peut donner lieu à de graves erreurs d'interprétation. Il est facile de s'assurer qu'elle n'est pas rattachée à une évolution normale des mitochondries, mais est bien la conséquence d'une altération due au milieu hypotonique, car on peut arriver par tâtonnement à constituer un milieu isotonique où ces altérations sont en grande partie évitées. Il est alors facile de se rendre compte, par l'observation prolongée d'une même cellule, que les variations évolutives de forme des mitochondries ne se produisent que très lentement.

Le chondriome qui paraît être parmi les éléments les plus vivants de la cellule ne se colore que très difficilement sur le frais et seulement par des colorants spéciaux (vert Janus, violet de dahlia et de méthyle); sa coloration est diffuse et ne se produit que lorsque la cellule est en souffrance, dans les périodes qui précèdent sa mort; il est extrêmement rare qu'elle ne soit pas accompagnée d'une altération des mitochondries.

Les mitochondries sont fixées dans une solution d'acide osmique; elles ne réduisent pas l'acide osmique, mais elles peuvent renfermer de petites inclusions graisseuses brunissant par cet acide. Le réactif iodo-ioduré conserve les mitochondries auxquelles il donne une légère teinte jaune. Les fixateurs ordinairement employés en cytologie et qui renferment de l'alcool ou de l'acide acétique dissolvent partiellement le chondriome et ne permettent plus de le distinguer du reste du cytoplasme qui prend alors une structure artificielle granulo-alvéolaire, due en partie à l'altération des mitochondries. Seuls, les fixateurs chromo-osmiques et le formol fixent le chondriome. Les mitochondries une fois fixées ne sont colorables que par l'hématoxyline ferrique, la fuchsine acide et le violet de cristal qui leur donnent une teinte tellement distincte qu'elles ressemblent à des bactéries qui se trouveraient dans le cytoplasme.

Les recherches de cytologie animale et végétale montrent que les mitochondries sont des organites vivants, incapables de se former autrement que par division : des formes de division de mitochondries granuleuses par étranglement ont souvent été constatées. Pendant la mitose, on observe la répartition du chondriome entre les deux pôles.

Le rôle des mitochondries dans la cellule animale a été précisé pour la première fois par Regaud et confirmé par un très grand nombre d'auteurs. L'ensemble de ces recherches montre que les mitochondries sont des organites élaborateurs participant

à la formation de la plupart des produits de sécrétion de la cellule. C'est ainsi que dans les glandes sous-maxillaires, Regaud a vu se produire sur le trajet des chondriocontes des renflements qui, en se séparant du chondrioconte, constituent des plastes ou chondrioplastes au sein desquels se constituent les graines de zymogènes. Dans les cellules adipeuses, on a constaté l'apparition, sur le trajet de chondriocontes, de petits globules graisseux. Ceux-ci se séparent ensuite du chondrioconte tout en restant entourés d'une écorce mitochondriale qu'ils n'épuisent qu'à leur maturité. D'autre part divers auteurs, entre autre Prenant, ont montré que la plupart des pigments ont comme substratum des mitochondries.

Ces résultats admis par la plupart des histologistes ont reçu une confirmation inattendue et décisive par nos recherches qui ont démontré que les plastides bien connus de la cellule végétale sont assimilables aux formations mitochondriales : ce sont ou bien des formes comparables aux chondrioplastes de la cellule animale et résultant de renflements produits sur le trajet de chondriocontes comme les chloroplastes, ou bien de simples mitochondries ordinaires comme beaucoup d'amyloplastides et de chromoplastides. D'une manière générale, le chondriome de la cellule végétale est représenté dans l'œuf par des mitochondries granuleuses : dans les cellules embryonnaires une partie de ces éléments se transforme en chondriocontes qui évoluent ensuite en plastides; les autres restent le plus souvent à l'état de mitochondries granuleuses et sont affectés à d'autres fonctions ou simplement à la perpétuation du chondriome.

PHYSIOLOGIE. — *Prothèse physiologique du pied.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'objet de cette Note est de formuler les résultats des *amputations partielles du pied*, tant au point de vue de la prothèse qu'à celui de la physiologie. L'examen est fait par comparaison avec un pied normal, et porte sur l'équilibre statique et dynamique du corps. Depuis 3 ans, il a été poursuivi, *expérimentalement*, sur 25 amputés.

Méthode d'observation. — La technique qui nous a servi est la suivante :

1° On prend les empreintes des pieds sur un plateau en cire de dentistes (Stent's Composition), amenée au degré de souplesse qui convient. De la surface et de la profondeur des empreintes, rapportées au poids total en action, on déduit aisément la *répartition des pressions.* Et l'on voit aussi les changements de cette répartition quand le blessé passe d'une attitude à une autre, soit pour marcher, courir, soit pour travailler.

2° La valeur exacte des efforts jambiers, ceux du talon et du métatarse,

leur durée relative dans le cycle du *pas*, les oscillations du corps provenant d'un appui insuffisant du pied, enfin les déviations de celui-ci, sont enregistrées avec fidélité sur mon *Trottoir dynamographique* (¹). L'aspect des courbes vérifie celui des empreintes, et traduit la réalité même des conditions locomotrices. L'ensemble de ces expériences, que l'on trouvera ailleurs au complet, peut se résumer en quelques propositions succinctes.

Équilibre des amputés de pied. — Dans l'*équilibre statique* du corps, les pressions d'un pied normal, pour un homme de 60^{kg}, se répartissent comme suit :

	Pression totale.	Pression par centimètre carré.	Fraction pour 100 du poids de 30^{kg}.
Talon	6100^{g}	218^{g}	20,35
Métatarse	9484	218	31,62
Voûte interne	5980	166	19,93
Bord externe	4700	208	15,65
Gros orteil	1927	187	6,42
Deuxième orteil	388	83	1,29
Troisième orteil	431	124	1,43
Quatrième orteil	672	145	2,24
Cinquième orteil	318	104	1,07
	30000		

Les points d'appui sont donc disposés de façon à constituer un *socle externe* (talon, bord externe, cinquième et quatrième orteils) et une *voûte interne* partant du talon et reposant sur le gros orteil et son métatarsien.

Dans la *marche*, c'est la voûte qui supporte l'action dynamique, caractérisée par un mouvement de bascule entre le talon et le métatarse, celui-ci aidé du gros orteil. On doit, à cet égard, considérer un *déroulement du talon*, et un *déroulement du métatarse*, avec une phase intercalaire de *balancement du pied*. Pour une allure de 120 pas, soit une durée de 500 millièmes de seconde au *pas*, les graphiques donnent :

	Millièmes de seconde.
Déroulement du talon	157
Déroulement du métatarse	130
Balancement du pied	213
	500

L'attaque du sol par le talon est forte; le coussinet adipeux s'aplatit et

(¹) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 130; *Revue de Chirurgie*, mai-juin 1917, p. 613-639.

la surface d'appui augmente. Puis le pied bascule, et la même pression, avec extension de l'appui, se renouvelle pour le métatarse. Celui-ci quitte le sol par une impulsion antéro-postérieure d'environ 6^{kg}, où le gros orteil joue un rôle. Et la plante du pied verse légèrement en dedans, produisant une *poussée latérale externe* nécessaire à la progression et à l'équilibre dynamique. Ces deux éléments du *pas* avaient échappé aux anciennes analyses de Carlet et de Marey, et l'on ne trouve pas mention de la poussée latérale externe dans toute l'œuvre de Braune et Fischer. C'est un effort constant, toujours visible dans les graphiques de marche des amputés de pied. Au contraire, l'impulsion arrière manque chez tous les mutilés privés de l'avant-pied; ils ont tendance à s'appuyer uniquement sur le talon, malgré les chaussures et autres appareils orthopédiques. On obtient donc le seul déroulement du talon, comme dans la locomotion avec pilons. Ainsi la prothèse devra réaliser un métatarse robuste, intimement relié au moignon par des organes qui ne le blessent pas et obéissent à son mouvement. D'où cette première conclusion :

La chirurgie doit assurer une surface indolore et résistante, dans toutes les amputations partielles du pied.

Et c'est la conservation du talon qui donne le plus de force et de stabilité. Les graphiques fournissent une deuxième conclusion : *Les amputations d'orteils ou du métatarse* (*Lisfranc*) *et, dans une forte proportion* (40 *et* 45 *pour* 100), *les amputations médio-tarsiennes* (*Chopart*) *et sous-astragaliennes, sont facilement compensées par des dispositions prothétiques convenables.*

La locomotion est à peine troublée, la stabilité de l'équilibre reste normale et permet les attitudes professionnelles les plus diverses.

Les autres modes d'amputations, dérivées du Pyrogoff, qui entament le talon, conduisent à une locomotion d'Ongulés, toutefois moins appuyée statiquement. On y constate de la régularité, ainsi que l'impulsion arrière, mais la transmission des pressions m'a semblé incertaine. Je n'ai pu voir encore si la prothèse suppléerait à ce manque de solidité.

Enfin, une dernière conclusion concerne la force développée par la marche des amputés de pied : *L'effort des jambes est nettement plus élevé après une amputation partielle du pied qu'après celle de la jambe au tiers inférieur.* Le chirurgien est donc, là aussi, tenu à être attentif à la fonction physiologique du segment qu'il opère.

En résumé, les amputations du pied avec conservation du talon offrent des garanties physiologiques et prothétiques qui déconseillent de leur préférer les amputations au tiers inférieur de la jambe.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur un phénomène, d'apparence singulière, relatif à la persistance des impressions lumineuses sur la rétine.* Note de M. **Louis Lumière**, présentée par M. J. Carpentier.

Si, étant dans un laboratoire photographique éclairé par la lumière rouge, on regarde le cadran d'une montre dite *lumineuse* à laquelle on fait subir des déplacements lents et de faible amplitude, parallèlement au plan du cadran, on peut faire la constatation suivante :

Les déplacements des chiffres lumineux paraissent être en retard par rapport à ceux du cadran, et cet effet donne l'illusion d'une sorte de dissociation. Il semble que ces chiffres ne soient plus réunis au cadran que par des liens présentant une certaine laxité.

Pour percevoir le phénomène avec toute sa netteté, il convient de se placer dans les conditions suivantes :

1° La rétine doit être amenée à son maximum de sensibilité par un séjour préalable de 15 à 20 minutes dans l'obscurité.

2° L'éclairement du cadran doit avoir une certaine intensité. La condition optimum est réalisée facilement en se plaçant à une distance convenable de la source lumineuse.

3° La lanterne renfermant cette source doit être munie de verres rouge rubis.

J'ai cru pouvoir rattacher cette apparence singulière au fait que la durée de la persistance des impressions lumineuses sur la rétine varie avec la longueur d'onde des radiations qui les provoquent.

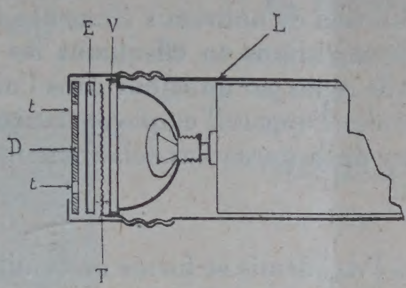
Dans l'expérience précitée, le cadran blanc, en effet, réfléchit de la lumière rouge, alors que le sulfure de zinc radifère qui recouvre les chiffres émet des radiations d'aspect verdâtre.

Pour vérifier cette hypothèse et écarter l'idée d'une action particulière des radiations émises par le sulfure de zinc, il m'a paru nécessaire de chercher, tout d'abord, à déterminer le spectre d'émission de cette substance.

Or, malgré l'emploi d'un spectrographe à prisme et de plaques panchromatiques très sensibles, la faible valeur de l'énergie mise en jeu ne m'a pas permis jusqu'ici d'obtenir la moindre trace d'image, bien que les durées d'exposition aient atteint 15 heures.

J'ai néanmoins construit le dispositif représenté par la figure ci-contre :

Si l'on répète l'expérience de la montre en lui substituant cet appareil après avoir réglé convenablement les éclairements relatifs du disque blanc et des points verts, on reproduit avec une grande netteté le phénomène constaté dans le cas du cadran à chiffres lumineux, ce qui semble confirmer l'hypothèse émise.



L, lampe électrique de poche; V, verre dépoli; T, étoffe noire peu serrée (que l'on peut remplacer par trois ou quatre épaisseurs de bristol); E, verre vert; D, disque de carton blanc opaque percé de trous *t*, *t*.

Ce phénomène semble finalement être de même nature que celui qui a été signalé par Helmholtz (*Optique physiologique*, p. 504). Il présente, toutefois, une netteté beaucoup plus grande, probablement en raison de l'état de sensibilité où se trouve la rétine dans les conditions qui nous occupent.

Il y a donc intérêt, dans les cas où intervient la persistance des impressions sur la rétine (en particulier dans celui des projections cinématographiques), à choisir judicieusement la source employée et même à interposer un écran coloré lorsque cela peut se faire.

Mais il conviendrait, pour réaliser les meilleures conditions possibles, de se baser sur des mesures précises de durée de la persistance des impressions. Or les seules valeurs connues sont celles qui ont été publiées par Plateau (¹) et par Emsmann (²), et ces valeurs présentent des divergences allant jusqu'à la contradiction. Il semble que ces défauts de concordance des mesures puissent être attribués aux conditions dans lesquelles les auteurs précités les ont effectuées.

La méthode qu'ils employaient consistait à faire tourner des secteurs de papier peint de diverses couleurs devant un fond noir et ils déduisaient la durée de la persistance de la vitesse minimum donnant à l'œil la sensation de la continuité.

(¹) *Annales de Poggendorff*, vol. 20, p. 304.
(²) *Ibid.*, vol. 91, p. 611.

L'emploi d'une telle méthode faisait intervenir, semble-t-il, une cause d'erreur importante, résultant de ce fait que la quantité d'énergie reçue par l'œil, lors de chaque illumination élémentaire, diminuait au fur et à mesure de l'accroissement de la vitesse de rotation. En outre, les mesures portaient sur des radiations peu définies.

Pour apporter à la question de nouveaux éléments, il m'a paru intéressant de tenter d'autres déterminations en effectuant les mesures après avoir amené la rétine à l'état de repos par un séjour dans l'obscurité et en opérant sur des radiations spectrales, l'appareil employé étant construit de telle façon qu'il assure la constance de la durée des éclairements élémentaires, quelle qu'en soit la fréquence.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de février 1918 (*suite et fin*).

Muséum national d'histoire naturelle. Conférences de 1917. Nos richesses coloniales. Les gisements de l'or dans les colonies françaises, par A. Lacroix. Paris, Challamel, 1918; 1 fasc. 20^{cm}. (Présenté par l'auteur.)

Boletin de la Universidad. Tome I, n° 1. Mexico, Verdad, 1917; 1 vol. in-8°.

Panama. La création, la destruction, la résurrection, par Philippe Bunau-Varilla. Paris, Plon-Nourrit, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Termier.)

Gouvernement général de l'Indo-Chine. Congrès d'agriculture coloniale. *L'organisation de l'agriculture coloniale en Indo-Chine et dans la métropole*, par Aug. Chevalier. Saïgon, C. Ardin, 1918; 1 fasc. 21^{cm}. (Présenté par M. Guignard.)

Ministère de l'Agriculture. Direction générale des eaux et forêts (2e partie). Service des grandes forces hydrauliques (région du Sud-Ouest) : *Résultats obtenus pour les bassins de la Nive, du Saison et du Gave d'Oloron pendant les années* 1915 *et* 1916, t. VI, fasc. A; — *Résultats obtenus pour le bassin de l'Adour pendant les années* 1915 *et* 1916, t. VI, fasc. B. 2 cartonniers 28^{cm},5.